

# EUROPEAN PATENT OFFICE

## Patent Abstracts of Japan

PUBLICATION NUMBER : 11326707  
PUBLICATION DATE : 26-11-99

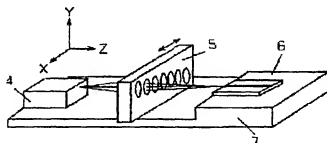
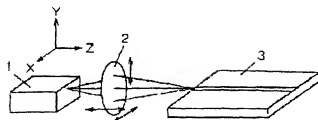
APPLICATION DATE : 08-05-98  
APPLICATION NUMBER : 10125672

APPLICANT : MATSUSHITA ELECTRIC IND CO LTD;

INVENTOR : KATO MAKOTO;

INT.CL. : G02B 6/42 G02B 6/32 H01S 3/18

TITLE : LASER PHOTOCOUPLER AND  
CONTROL METHOD FOR LASER  
PHOTOCOUPLING



ABSTRACT : PROBLEM TO BE SOLVED: To simplify the coupling of a laser and an optical element at a laser beam source integrating the optical element.

SOLUTION: A semiconductor laser 1 and an optical waveguide type optical element 3 are arranged on the surface of a substrate 4, and an obliquely arranged one-dimensional(1D) lens array 5 is arranged between the semiconductor laser 1 and the optical waveguide type optical element 3. The movement of the obliquely arranged 1D lens array 5 is controlled in X direction and any lens is selected so as to maximize the intensity of light outputted from the optical waveguide type optical element 3. Further, since the movement is precisely controlled in X direction again with that lens, the maximum output light intensity can be provided.

COPYRIGHT: (C)1999,JPO

特開平11-326707

(43) 公開日 平成11年(1999)11月26日

(51) Int.Cl.<sup>4</sup>

識別記号

F I

G 0 2 B 6/42

G 0 2 B 6/42

6/32

6/32

H 0 1 S 3/18

H 0 1 S 3/18

審査請求 未請求 請求項の数17 O L (全 8 頁)

(21) 出願番号 特願平10-125672  
 (22) 出願日 平成10年(1998)5月8日

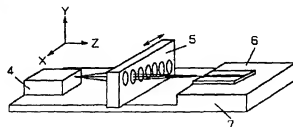
(71) 出願人 000005821  
 松下電器産業株式会社  
 大阪府門真市大字門真1006番地  
 (72) 発明者 杉田 知也  
 大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器  
 産業株式会社内  
 (72) 発明者 水内 公典  
 大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器  
 産業株式会社内  
 (72) 発明者 加藤 誠  
 大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器  
 産業株式会社内  
 (74) 代理人 弁理士 滝本 智之 (外1名)

(54) 【発明の名称】 レーザー光結合装置とレーザー光結合の調整方法

(57) 【要約】

【課題】 光学素子を一体化したレーザー光源において、レーザーと光学素子の結合を簡単化することを目的とする。

【解決手段】 半導体レーザー1と光導波路型光学素子3とを基台4の面上に配置し、傾斜配置1次元レンズアレイ5を半導体レーザー1と光導波路型光学素子3の間に配置する。傾斜配置1次元レンズアレイ5をX方向に移動調整し、光導波路型光学素子3からの出力光強度が最大になるレンズを選択する。さらにそのレンズにおいて再度X方向に微調整することにより、最大出力光強度を得る。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】半導体レーザーと光学素子とを基台の面上に配置し、複数のレンズまたは複数のレンズ系の何れかを同一面内に配置したレンズアレイを前記半導体レーザーと前記光学素子との間に配置し、前記半導体レーザーから出射した光が前記レンズアレイの一つのレンズまたはレンズ系の何れかを介して前記光学素子に結合していることを特徴とするレーザー光結合装置。

【請求項2】複数の半導体レーザーを1次元に配置した半導体レーザーアレイと複数の光学素子を同一面内に配置した光学素子アレイとを基台の面上に配置し、複数のレンズまたは複数のレンズ系の何れかを同一面内に配置したレンズアレイを前記半導体レーザーアレイと前記光学素子アレイとの間に配置し、前記半導体レーザーアレイから出射した光ビームが前記レンズアレイを介して前記光学素子アレイに結合することを特徴とするレーザー光結合装置。

【請求項3】前記レンズアレイが、前記半導体レーザーの出射光の光軸とほぼ垂直な面内において複数のレンズまたは複数のレンズ系の何れかを1次元に配置した1次元レンズアレイである請求項1または2何れかに記載のレーザー光結合装置。

【請求項4】前記レンズアレイが、前記光軸と垂直な面内において前記複数のレンズまたは前記複数のレンズ系を、前記基台平面に対し斜めに配置した傾斜配置1次元レンズアレイであることを特徴とする請求項1記載のレーザー光結合装置。

【請求項5】前記レンズアレイを構成するレンズまたはレンズ系が、マイクロレンズまたはマイクロレンズ系であることを特徴とする請求項1〜4何れかに記載のレーザー光結合装置。

【請求項6】前記マイクロレンズまたはマイクロレンズ系が、屈折率分布型のマイクロレンズまたはマイクロレンズ系であることを特徴とする請求項5記載のレーザー光結合装置。

【請求項7】前記マイクロレンズまたはマイクロレンズ系が、球面屈折率型のマイクロレンズまたはマイクロレンズ系であることを特徴とする請求項5記載のレーザー光結合装置。

【請求項8】前記光学素子が光導波路型素子である請求項1または2何れかに記載のレーザー光結合装置。

【請求項9】前記光導波路型素子が光導波路型波長変換素子である請求項8記載のレーザー光結合装置。

【請求項10】半導体レーザーと光学素子とを基台の面上ではほぼ平行に配置し、複数のレンズまたは複数のレンズ系の何れかを同一面内に配置したレンズアレイを前記半導体レーザーと前記光学素子との間に配置し、前記レンズアレイを前記基台の面上で前記半導体レーザーの出射光の光軸とほぼ直交する方向に移動し、前記半導体レーザーから発振された光ビームを前記レンズアレイの任

意のレンズまたは任意のレンズ系の何れかで集光し、前記光学素子に結合することを特徴とするレーザー光結合の調整方法。

【請求項11】複数の半導体レーザーを1次元に配置した半導体レーザーアレイと複数の光学素子を同一面内に配置した光学素子アレイとを基台面上ではほぼ平行に配置し、複数のレンズまたは複数のレンズ系を同一面内に配置したレンズアレイを前記半導体レーザーアレイと前記光学素子アレイとの間に配置し、前記レンズアレイを前記基台の面上で移動し、前記半導体レーザーアレイから出射した光ビームを前記光学素子アレイの複数のレンズまたは複数のレンズ系の何れかでそれぞれ集光させ、複数のレーザー光源を同時に前記光学素子アレイに結合することを特徴とするレーザー光結合の調整方法。

【請求項12】前記レンズアレイが、前記半導体レーザーの出射光の光軸とほぼ垂直な面内において前記レンズまたはレンズ系を1次元に配置した1次元レンズアレイである請求項10記載のレーザー光結合の調整方法。

【請求項13】前記レンズアレイを構成するレンズまたはレンズ系が、マイクロレンズまたはマイクロレンズ系である請求項10〜12何れかに記載のレーザー光結合の調整方法。

【請求項14】前記マイクロレンズまたは前記マイクロレンズ系が、屈折率分布型のマイクロレンズまたはマイクロレンズ系である請求項13記載のレーザー光結合の調整方法。

【請求項15】前記マイクロレンズまたは前記マイクロレンズ系が、球面屈折率型のマイクロレンズまたはマイクロレンズ系である請求項13記載のレーザー光結合の調整方法。

【請求項16】前記光学素子が光導波路型素子である請求項10または11何れかに記載のレーザー光結合の調整方法。

【請求項17】前記光導波路型素子が光導波路型波長変換素子である請求項16記載のレーザー光結合の調整方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、レーザーと光学素子との結合装置及びその結合の調整方法に関するものである。

【0002】

【従来の技術】これまで、様々な光学素子が開発され、それらを用いた装置やシステムが実用化されてきた。光ファイバー通信や光記録再生装置、光変調器などがその例である。また、研究レベルにおいては、フォトシラクティブ材料などの各種光機能材料を用いた新たな光学素子や光インターコネクション等の次世代技術の開発が活発である。

【0003】このような光学素子を扱う場合には、光源

としてレーザーを用い、レーザーからの出射光を光学素子と結合することにより様々な機能や現象を生じさせている。例えば、光機能材料とレーザー光の結合においては、多くの場合、光機能材料の特定の部分に光パワー密度の大きいレーザー光を入射させることにより大きな光学的応答を得ている。従って、光源からの光ビームをレンズ系で絞り、あるいはビーム整形を行った後に、レーザー光の入射位置を数 $\mu\text{m}$ の精度で制御している。

【0004】一方、これまでは光源としてヘリウム・ネオンレーザーやアルゴンレーザー等を用いて光機能材料素子の研究、開発が行われてきたが、レーザー技術の進歩により、高出力の小型半導体レーザーを用いることで同等の機能を得ることができるようになった。

【0005】また、装置自体の微小化、集積化を図り、コストダウンを行うという観点からも、光源に半導体レーザーを用いた光学系が主流になってきた。

【0006】このような半導体レーザーから出射したレーザー光と光学素子との結合は、単一のカップリングレンズあるいは複数のレンズからなるカップリングレンズ系を介して行われていた。また、他の方法として、半導体レーザーと光学素子とをレンズ等の光学部品を用いずに直接結合する手法も取られている。半導体レーザー及び光学素子が微小である場合、あるいは光学素子が光導波路等の入射位置や大きさに制限があるものである場合には、上記の方法によりレーザー光と光学素子を結合する際に、各光学系ごとに光源、光学部品及び光学素子の精密な位置合わせが行われていた。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】まず最初に、半導体レーザーと光学素子を直接結合する方法における課題について説明する。直接結合においては、光ビームを有効に光学素子に入射させるために半導体レーザーと光学素子が近接するので、半導体レーザーの発する熱が光学素子の特性に影響するという問題があり、光ビームの入射効率を下げることなく、熱の影響を押さなければならぬという課題があった。

【0008】次に、レンズ系を介して、半導体レーザーと光学素子の結合を行う場合の課題について説明する。半導体レーザーと光学素子の結合には、半導体レーザーから出射した光ビームを光学素子に有効に入射するためにレンズあるいはレンズ系を用いて結合が行われ、レンズを用いて半導体レーザーと光学素子との光結合を行う際には、サブミクロンオーダーの光軸合わせ精度が求められた。特に光導波路型素子に関して言えば、微小な導波路構造でありモード結合条件などの制限があるため、高精度の位置合わせが必要であった。

【0009】半導体レーザーとレンズと光導波路型素子とを光軸上に一直線に配置する際には、半導体レーザー、レンズ、光学素子のうち2つの要素を固定し、残る1つの要素を移動調整して位置合わせを行っていた。例

えば、図1に示すように半導体レーザーと光導波路型素子を固定した上で、レンズを操作して位置合わせを行っていた。この際、移動調整を行う要素部を3次元的に移動し、調整を行わなければならないという難しさがあり、それに伴って、移動調整のための装置およびその制御が複雑になっていた。従って、位置合わせを容易にすることにより、位置合わせのための装置とその制御の簡単化を行うということが課題であった。

【0010】さらに、レンズ系として通常の光学レンズを用いると、レンズの焦点距離やレンズの大きさ等を含めた光学系の距離が15mm以上になり、レーザー光源モジュールの小型化が難しいという問題があった。

【0011】また、半導体レーザーと光学素子とが一对一の対応関係を持っているため、半導体レーザーとレンズと光学素子とが一体型となるモジュールを作製する場合には、それぞれ独立した半導体レーザーとレンズと光導波路型素子とを1つずつ用意し、各光学部品間で精密な位置合わせの調整をして結合を行っている。これは、生産ラインにおいて工程にかかる時間の増大の原因となっており、製造にかかる時間の短縮が課題となっていた。

【0012】また、光記録装置や光変調器、あるいはフォトリソグラフィ材料等のバリエーションとレーザー光の結合においては、レーザー光源、レンズ系、光学素子をそれぞれ3次元的に調整し、かつ、レーザー光の素子への入射位置を数 $\mu\text{m}$ から数10 $\mu\text{m}$ の精度で制御する必要があるという課題があった。さらに、光ファイバーや光導波路を扱う場合、この調整制度はさらに1桁小さく、サブ $\mu\text{m}$ オーダーの微細な調整が必要であるという課題があった。これらの装置の小型化を図る場合には高精度の調整機能を実現する機構を搭載する必要がある、小型化を困難にしているという問題があった。

【0013】本発明は、上記従来の課題を鑑みてなされたもので、半導体レーザー、レンズ及び光学素子の光学的結合の際の位置合わせを簡素化したレーザー光源及びその調整方法を提供することを目的とする。

【0014】

【課題を解決するための手段】上記課題を解決するため、本発明の半導体レーザー光結合装置は、半導体レーザーと光学素子とを前記基体の面上に配置し、複数のレンズまたは複数のレンズ系の何れかを同一面に配置したレンズアレイを前記半導体レーザーと前記光学素子との間に配置し、前記半導体レーザーから出射した光が前記レンズアレイの一つのレンズまたはレンズ系の何れかを介して前記光学素子に結合した構成、または、複数の半導体レーザーを1次元に配置した半導体レーザーアレイと複数の光学素子を同一面に配置した光学素子アレイとを基体の面上に配置し、複数のレンズまたは複数のレンズ系の何れかを同一面に配置したレンズアレイを前記半導体レーザーアレイと前記光学素子アレイとの間

に配置し、前記半導体レーザーアレイから出射した光ビームが前記レンズアレイを介して前記光学素子アレイに結合した構成である。

【0015】また、本発明のレーザー光結合の調整方法は、半導体レーザーと光学素子とを基台の面上に配置し、複数のレンズまたは複数のレンズ系の何れかを同一面に配置したレンズアレイを前記半導体レーザーと前記光学素子との間に配置し、前記レンズアレイを前記基台の面上で前記半導体レーザーの出射光の光軸とはほぼ直交する方向に移動し、前記半導体レーザーから発振された光ビームを前記レンズアレイの任意のレンズまたは任意のレンズ系の何れかで集光し、前記光学素子に結合する構成、または、複数の半導体レーザーを1次元に配置した半導体レーザーアレイと複数の光学素子を同一面に配置した光学素子アレイとを基台面上でほぼ平行に配置し、複数のレンズまたは複数のレンズ系を同一面に配置したレンズアレイを前記半導体レーザーアレイと前記光学素子アレイとの間に配置し、前記レンズアレイを前記基台の面上で移動し、前記半導体レーザーアレイから出射した光ビームを前記光学素子アレイの複数のレンズまたは複数のレンズ系の何れかでそれぞれ集光させ、複数のレーザー光源を同時に前記光学素子アレイに結合する構成である。

【0016】

【発明の実施の形態】以下、本発明のレーザー光結合装置及びレーザー光結合の調整方法に係る実施の形態について、光学素子として最も結合が困難である光導波路型波長変換素子を適用したレーザー光源について主に図を用いて説明するが、本発明に適用できる光学素子としては光導波路型波長変換素子に限定されるものではなく、またレーザー光結合装置もレーザー光源に限定されるものではない。

【0017】（実施の形態1）レンズ系を用いて単一の半導体レーザーと単一の光導波路型波長変換素子との結合を用いたレーザー光源の一実施の形態を説明する。

【0018】半導体レーザーと光導波路型波長変換素子とを結合させるためには、XおよびY方向に関してサブミクロン精度で調節が必要である。従って、無調節で半導体レーザー、レンズ、光導波路型波長変換素子をモジュールするには、モジュールおよび各構成部品の形状をサブミクロン精度で作製する必要があり、コスト等の面から実現が難しかった。そこで従来の調整における課題について検討した。

【0019】従来の調整における問題を挙げると、(1)各部品（半導体レーザー、レンズ、光導波路型波長変換素子）を基台に接着させる接着剤の厚みのばらつき、例えば光導波路型波長変換素子では紫外線硬化材、半導体レーザーでははんだの厚みのばらつきが、サブミクロンオーダーで存在、(2)基材厚のばらつき、特に半導体レーザー1に関しては、その製造過程においてGaAsな

どのウエハー基板上に層を成長させて作製されるが、ウエハー表面の研磨状態などにより、基板からレーザー光を発振させる活性層までの高さに数 $\mu\text{m}$ ～数十 $\mu\text{m}$ 程度のばらつき存在、(3)各部品の固定位置のばらつき、各部品を接着固定する際のX方向の位置のばらつきが、サブミクロンオーダーで生じる。

【0020】これらの課題を解決するためには、半導体レーザー、レンズ、光導波路型波長変換素子のいずれかに調整機構を設け、光学系のずれを補償する手段が必要である。通常は各部品をそれぞれ調整してアライメントを行っているが、最も問題となるのが基台の厚み方向に生じる位置のずれに対する調整である。すなわち、XおよびY方向の調整は、光学系のずれも小さく、また、各部品を基台面内で移動することにより比較的自由にできるが、Y方向の調整は基台から各部品までの距離がほぼ決定されているため、大きなばらつきに対する調整は困難であった。

【0021】Y方向のばらつきを小さくするために、半導体レーザーの活性層上層のP型半導体積層膜、および、光導波路型素子の導波路形成面側を基台表面に接着する方法（P side down法）が考えられていたが、DBRレーザーやDFBレーザー等の、駆動電流以外に半導体レーザーをコントロールするための配線が必要とする半導体レーザーに対しては、配線の容易さから、半導体レーザーの基板面を基台に接着する方法（P side up法）を用いる方がモジュール化に適していた。しかしながら、上記(2)に示した理由から、Y方向にばらつきが大きくなるP side up法で半導体レーザーをしようすることは難しかった。そこで本発明において、レンズ系による解決を図った。

【0022】図2は傾斜配置1次元レンズアレイを用いたレーザー光源の一例を示す。図2において1は半導体レーザー、2は傾斜配置1次元レンズアレイ、3は光導波路型波長変換素子の一つであるSHG素子、4は半導体レーザー1、1次元レンズアレイ2及びSHG素子3の光学部品をモジュール化するための基台である。

【0023】このとき、傾斜配置1次元レンズアレイ2は、基台の表面からレンズアレイを構成する各レンズの中心までの距離が異なる距離になるように、図3(a)または図3(b)のような形にレンズアレイを加工されている。すなわち、レンズアレイを構成する各レンズの中心が1次元をなすように配置され、レンズアレイの基板底面と各レンズの距離がそれぞれ異なるように斜めに配置されている。

【0024】以上のように構成されたレーザー光源について、以下でその動作を述べる。半導体レーザー1とSHG素子3は、基台4にボンディングにより固定されており、半導体レーザー1ははんだ等を用いて、またSHG素子3は紫外線硬化材等を用いて固定することができた。これらの光学部品は、このボンディングの際にX方

向及びZ方向の位置合わせを精密に行うことができた。さらに、傾斜配置1次元レンズアレイ2を用いて結合を行った。このとき、レンズアレイを構成する任意のレンズを選択することで、Y方向の結合位置を調整することができた。また、X方向の光学系のずれは微小であるので、選択したレンズにおいてX方向に微調整することによって、半導体レーザー1とSHG素子3のX方向の位置合わせを行うことができた。

【0025】調整は、まず、傾斜配置1次元レンズアレイ2をX方向にスライドさせてSHG素子3からの出力光強度を観測した。このとき、X方向への移動に対して出力光強度が変化した。これをフィードバックし、出力光強度が最大となったレンズを選択した。さらに選択したレンズにおいて再度X方向を微動調整し、X方向の位置合わせを行った。このような調整を行うことにより、傾斜配置1次元レンズアレイ2のX方向への移動のみで、X方向とY方向との調整が行え、半導体レーザー1とSHG素子3とを結合することが可能になった。

【0026】レンズアレイを上記のように加工する代わりに、基台に溝を形成し、その溝に沿ってレンズアレイを移動させることにより結果としてレンズ位置がY方向に対して変化するように溝を加工しても同様の効果が得られた。

【0027】また、レンズを無くして、半導体レーザーとSHG素子とを直接結合する方法も採られているが、この場合も前述の精度の問題により、P side up法による結合は困難である。また、直接結合においては、半導体レーザーとSHG素子との間の距離を1μm以下にしなければならない。しかし、半導体レーザーの発する熱が素子に伝わりSHG出力が低下する現象が見られた。

【0028】ところが、上記のような本発明のレンズ系による結合を行うことにより、半導体レーザーとSHG素子との間隔を1mm以上取ることができ、半導体レーザーの熱による影響を取り除くことができた。また、P side up法による結合も行うことができた。これにより、小型で、かつ半導体レーザーの発する熱の影響を受けない安定なレーザー光源の構成が可能になった。

【0029】また、通常用いられていた光学レンズはレンズ直径が4〜5mm、N.A. が0.3〜0.5、焦点距離が数mmのものであったが、レンズアレイを構成するレンズとして、レンズ直径100μm、N.A. が0.5、焦点距離が110μmのマイクロレンズを用いることにより、結合のための光学系の距離を1mm以下にし、レーザー光源を小型化することができた。

【0030】さらに、前述したように、半導体レーザーと光導波路型素子との結合には、サブミクロン精度の調整が必要であった。そこで、傾斜配置1次元レンズアレイにおいて、レンズの中心と基台との距離が0.1μmごとに変なように10個のレンズを配置することにより1μm程度のずれは容易に調整することができた。レンズ

はイオン交換法やフォトリソグラフィによるレンズ加工を行うことにより作製した。

【0031】イオン交換法は、適当な1価の金属イオンを含む中性塩を融点以上に加熱して溶かし、この中にガラスを浸して外部から金属イオンをガラス内部に拡散させ、ガラス内部の金属イオンと置き換え、さらにガラス内部に熱拡散させる方法である。通常、ガラスはSiO<sub>2</sub>やB<sub>2</sub>O<sub>3</sub>などのガラス形成酸化物中にNa<sub>2</sub>O、K<sub>2</sub>O、CaOなどの修飾酸化物が転在している構造を持っており、高温中でこの修飾酸化物がイオン化する。従って、ガラスをある温度以上に熱し、高温の1価の金属イオンを含む中性塩に浸すことにより金属イオンとの置換を行うことができる。

【0032】このことによりガラスの屈折率を変化させることができる。また、熱拡散課程を用いるため、屈折率分布を持つレンズが形成できる。この際、ガラス表面に適当なマスクをすることにより、イオン交換される部分を限定することが可能である。マスク作製手段として、ガラス表面にレジストを塗布して紫外線露光をするなどの方法を探ることにより、サブミクロン精度のマスクングを行うことができる。

【0033】また、フォトリソグラフィプロセスは、ガラス表面にレジストを塗布するなどして適当なマスクを形成し、エッチングを行ってガラス形状を加工する方法として知られており、やはりサブミクロンオーダーの精度を達成することができる。

【0034】ガラスをイオン交換法を用いて屈折率分布型の平板マイクロレンズアレイを作製することにより、レンズアレイ基板内にサブミクロン精度でマイクロレンズを配置した傾斜配置1次元マイクロレンズアレイを作製でき、また、フォトリソグラフィプロセスにより作製された球面屈折型のマイクロレンズを用いても同様の精度のレンズアレイを作製することができた。これにより、サブミクロンの精度でレンズを配置した傾斜配置1次元レンズアレイを作製し、0.1μmの精度でY方向の調節することができた。また、このようにレンズを10個配置したレンズアレイを用いた場合においても、レンズ径が100μmのマイクロレンズを用いたことにより、レンズアレイの大きさを横方向に1.5mmとコンパクトにすることができ、小型のレーザー光源を作成することができる。

【0035】また、半導体レーザーとSHG素子とを結合する際には、レンズのN.A. を大きくし、光ビームをより小さく絞って高効率で結合するために、複数のレンズを用いたレンズ系によって結合を行っている。

【0036】本発明においても、傾斜配置1次元マイクロレンズアレイを構成するレンズを、Z方向に対して複数のレンズからなる傾斜配置1次元マイクロレンズ系アレイとすることにより、N.A. を1とすることができた。傾斜配置1次元マイクロレンズ系アレイを作製する

方法としては、前述したイオン交換法によって作製した屈折率分布型平板レンズ、あるいはフォトリソグラフィプロセスによって作製した球面屈折型レンズをそれぞれ貼り合わせることで可能となった。また、それらを組み合わせて貼り合わせる方法によっても可能であった。

【0037】これにより、前述したような傾斜配置1次元マイクロレンズアレイの効果と同様の効果を得ることができ、かつ大きいN、Aを持った傾斜配置1次元マイクロレンズ系アレイを用いることでレンズ系の小型化が可能となった。さらに、N、Aが大きなレンズを用いることで集光スポットを小さくすることができ、小さなN、Aの光導波路にも適用可能となった。

【0038】(実施の形態2)本実施の形態では、複数の半導体レーザーと複数の光学素子とを光学的に結合した半導体レーザー光源について述べる。なお、実施の形態1と同様に、光学素子の具体例としては光導波路型波長変換素子も適用した場合について述べる。

【0039】前述したように、半導体レーザーと光導波路型波長変換素子とを結合させるためには、XおよびY方向に関してサブミクロン精度の調節が必要であった。従来は、半導体レーザーと光導波路型波長変換素子との結合において、各モジュールごとにアライメントを行っていた。従って、これらをアレイ状に配置した光源の作製は困難であった。また、各モジュールごとにアライメントを行っていたことにより、半導体レーザーとレンズ系と光導波路型波長変換素子とからなるレーザー光源を生産する際、この工程にかかる時間が大きくなっていった。

【0040】そこで、本発明においてレンズアレイを用いることにより解決を図った。図4は本発明のレーザー光源において、半導体レーザーとカップリングレンズと光導波路型波長変換素子とを一体化したモジュールを複数個同時に位置合わせする場合の模式図である。図4において8は複数個の半導体レーザーを1次元に配置した半導体レーザーアレイ、9はレンズアレイ、10は複数の光導波路型波長変換素子を有するSHG素子アレイ、11は半導体レーザーアレイ8、レンズアレイ9及び光導波路型波長変換素子10の光学部品を結合した後で固定する基台である。

【0041】以上の構成に関して、その動作を述べる。半導体レーザー1は、レーザー製造プロセスにおいて同一ウエハー上に作製されたものを切り出し、レーザーの射出高さに不均一性のない複数個有する半導体レーザーアレイ8を用いた。均一なレーザーの射出高さを得る手段としては、P side down法も考えられる。また、光導波路型波長変換素子アレイ10については、プロトン交換法などを用いて、同一ウエハー上に任意の間隔、幅、深さの光導波路を同時に作製することが可能であった。

【0042】このようにして得られた半導体レーザーア

レイ8と光導波路型波長変換素子アレイ10とを、光軸が合うようにX方向及びY方向の位置を合わせ、Z方向に関して適当な間隔を取って基台11にボンディングした。この半導体レーザーアレイ8と光導波路型波長変換素子アレイ10との間隔の任意の位置(Z方向に関して光結合が最適になる位置)にアレイ状のカップリングレンズを挿入し、X方向及びY方向の位置を合わせを行った。

【0043】このとき、任意の2組の半導体レーザー、レンズ、光導波路型波長変換素子の組を位置合わせに用いるために使用した。特にアレイ状に配置される素子の数が多いときには、微小な位置のずれの影響が少なくなるように、一番外側に位置する2組を利用することがより望ましい。アレイ状の素子の特長を生かすことにより、両端の位置合わせを行うことで同時にすべての組に関して位置合わせが行われる。

【0044】このようにして精度の高い位置合わせが行われた状態で、レンズアレイ9を基台11に接着し、一体化したレーザー光源アレイを作製した。さらに、光学系を調整する場合、熱膨張による各部品の形状のずれを防ぐため、調整時の温度変化が $\pm 3^{\circ}\text{C}$ 以下になるようにコントロールした。

【0045】これをレーザー加工技術などを用いて切り出すことで、個々のモジュールとして取り扱うことが可能となった。また、この方法を用いることにより、位置合わせを同時に行い、アレイ状のレーザー出力を有するレーザー光源が製造できた。アレイ状の光源により高出力の光源が実現でき、固体レーザーのポンプ光として応用できた。また、アレイ状の光源を複数用いて2次元的に配置し、ディスプレイ光源として応用することができた。

【0046】また、アレイ状のレーザー光源をレーザー加工技術を用いて切り出すことにより、複数個のレーザー光源を得ることができた。このようにして、同時に多数の光導波路型波長変換素子と半導体レーザーとを結合するに要する調整時間を短縮でき、製造過程において位置合わせにかかる時間を大幅に短縮するという効果が得られた。

【0047】また、通常用いられていた光学レンズはレンズ直径が4~5mm、N、Aが0.3~0.5、焦点距離が数mmのものがあつたが、レンズアレイを構成するレンズとして、レンズ直径100 $\mu\text{m}$ 、N、Aが0.5、焦点距離が110 $\mu\text{m}$ のマイクロレンズを用いることにより、結合のための光学系の距離を1mm以下にし、レーザー光源を小型化することができた。

【0048】さらに、前述したように、半導体レーザーと光導波路型素子の結合には、サブミクロン精度の調整が必要であった。そこで、イオン交換法を用いて屈折率分布型の平板マイクロレンズアレイを作製することにより、レンズアレイ基板内にサブミクロン精度でマイクロ

レンズを配置した1次元マイクロレンズアレイを作製できた。また、フォトリソグラフィプロセスにより作製された球面屈折型のマイクロレンズを用いても同様の精度のレンズアレイを作製することができた。このことにより、サブミクロンの精度でレンズを配置した1次元レンズアレイを作製し、0.1  $\mu\text{m}$ の精度で位置合わせを行うことができた。

【0049】また、半導体レーザーとSHG素子を結合する際には、レンズのN.A.を大きくし、光ビームをより小さく絞って高効率で結合するために、複数のレンズを用いたレンズ系によって結合を行っていた。

【0050】本発明において、1次元マイクロレンズアレイを構成するレンズを、Z方向に対して複数のレンズからなる1次元マイクロレンズ系アレイとすることにより、N.A.を1とすることができた。

【0051】1次元マイクロレンズ系アレイは、前述したイオン交換法によって作製した屈折率分布型平板レンズ、あるいはフォトリソグラフィプロセスによって作製した球面屈折型レンズをそれぞれ貼り合わせることで可能となった。あるいはそれらを組み合わせることで貼り合わせる方法によっても可能であった。

【0052】これにより、前述したような1次元マイクロレンズアレイの効果と同様の効果を得ることができ、かつ大きいN.A.を持った1次元マイクロレンズ系アレイを用いることでレンズ系の小型化が可能となった。さらに、N.A.が大きなレンズを用いることで集光スポットを小さくすることができ、小さなN.A.の光導波路にも適用可能となった。

【0053】上述の実施の形態は、レーザー光源に関して述べたが、本発明のレーザー結合装置に適用できる光学素子は、前述したようにバルク光学素子または光ファイバーであっても本発明のその原理は同様であり、奏する効果も同様であること勿論である。

【0054】

【発明の効果】本発明のレーザー光結合装置は、半導体レーザーと光学素子とを基台の面上に配置し、複数のレンズまたは複数のレンズ系の何れかを同一面に配置したレンズアレイを半導体レーザーと光学素子との間に配置し、半導体レーザーから射出した光がレンズアレイの一つレンズまたはレンズ系の何れかを介して光学素子に結合する構成、または、複数の半導体レーザーを1次元に配置した半導体レーザーアレイと複数の光学素子を同一面に配置した光学素子アレイとを基台の面上に配置し、複数のレンズまたは複数のレンズ系の何れかを同一面に配置したレンズアレイを半導体レーザーアレイと光学素子アレイとの間に配置し、半導体レーザーアレイから射出した光ビームがレンズアレイを介して光学素子アレイに結合する構成の何れかであるため、あらゆる光学素子とレーザーとの結合において位置合わせを容易に行うことを可能にすると共に、半導体レーザーの活性層

高さの不均一やボンディング精度に起因する基台表面からの高さのばらつきが生じた場合においても容易に結合が図れるという効果が得られた。これによりP side up法においてもレンズによる結合を容易に行うことができた。

【0055】また、レンズ系を用いて半導体レーザーと光学素子を結合することにより、半導体レーザーと光学素子との距離があるため、半導体レーザーから発せられる熱が素子に及ぼす影響を除去するという効果がある。さらに、マイクロレンズアレイを用いることにより、結合光学系の要する距離を小さくすることができ、小型で安定なレーザー光結合装置を実現できる。

【0056】特に、光学素子に導波路型波長変換素子を適用した場合には、1次元レンズアレイを用いることにより、半導体レーザーアレイと導波路型波長変換素子または導波路型波長変換素子アレイとをサブミクロン精度で結合することができ、アレイ状のレーザー光源を作製することができる。

【0057】また、上記のアレイ状のレーザー光結合の調整方法は、レンズアレイの持つ特長を生かして、半導体レーザーとレンズまたはレンズ系と光学素子とを一体化したレーザー光結合装置の光軸の調整工程において、結合精度が高くかつ簡単に結合調整ができるため、モジュールを同時に複数個作製する手段、あるいは単独の結合調整でも調整時間の短縮効果が極めて高いため、結合工程に要する時間と同等の時間で、より多くのレーザー光源の結合を行うことができ、レーザー光結合装置を安価にできるという効果がある。

【図面の簡単な説明】

【図1】従来の半導体レーザー光源における半導体レーザーと光学素子との結合の一例を示す図

【図2】本発明の第1の実施形態における半導体レーザーとSHG素子との結合を示す図

【図3】(a)本発明の第1の実施形態において用いるための傾斜配置1次元レンズアレイの一例を示す図(b)本発明の第1の実施形態において用いるための傾斜配置1次元レンズアレイの他の例を示す図

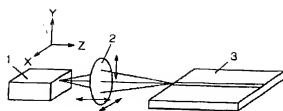
【図4】本発明の第2の実施形態におけるアレイ状のレーザー光源の構成を示す図

【符号の説明】

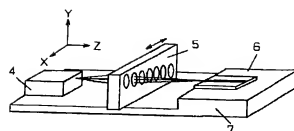
- 1, 4 半導体レーザー
- 2 レンズ
- 3 光導波路型光学素子
- 5 傾斜配置1次元レンズアレイ
- 6 SHG素子
- 7, 11 基台
- 8 半導体レーザーアレイ
- 9 1次元レンズアレイ
- 10 光導波路型光学素子アレイ



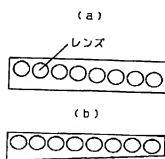
【図1】



【図2】



【図3】



【図4】

